

# 人工智能、经济增长与居民消费改善： 资本结构优化的视角

林 晨， 陈小亮， 陈伟泽， 陈彦斌

**[摘要]** 改革开放后的很长一段时期内,中国经济呈现出“高增长、高投资、低消费”的特征,近年来虽然居民部门消费率有所上升,但是经济增速也在不断下降。本文构建了含有人工智能和异质性资本(包括实体经济资本、住房资本和基建资本)的动态一般均衡模型,探寻人工智能是否有助于优化中国的资本结构,从而在扩大居民消费的同时促进经济增长。研究发现,人工智能可以优化资本结构,实现扩大居民消费和促进经济增长的双重目标。究其原因,一方面,人工智能可以提高实体经济的吸引力,吸引资金从房地产流向实体经济,从而减轻住房资本对居民消费的挤出效应,并增强实体经济资本对经济增长的拉动效果;另一方面,人工智能可以减弱地方政府依靠基建投资“稳增长”的动机,从而减轻基建资本对居民消费的挤出效应,并进一步增强实体经济资本对经济增长的拉动效果。据此,本文建议政府部门着力促进人工智能快速健康发展,从而优化资本结构,最终实现扩大消费和经济增长的双重目标。

**[关键词]** 人工智能; 经济增长; 居民消费; 资本结构优化; 动态一般均衡模型

**[中图分类号]**F124 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2020)02-0061-19

## 一、引言

改革开放后的很长一段时期内,中国经济运行呈现出典型的“高增长、高投资、低消费”的特征。“高增长”所取得的成就举世瞩目。但是,传统的发展模式也导致中国出现了资本过度积累和消费明显不足的问题。早在十多年前政府部门就开始注重扩大居民消费。根据索洛增长模型可知,当经济体处于资本过度积累状态时,可以通过降低资本存量的方式来增加居民消费,而且最理想的状态是使得资本存量降至黄金律水平,此时消费实现最大化。但是,从资本过度积累向黄金律状态转变的过程中,经济增速会出现明显下滑。近年来,中国的实际情况与理论预期相一致,中央对消费的重视

**[收稿日期]** 2019-10-18

**[基金项目]** 国家自然科学基金应急管理项目“国内经济政策环境与金融风险防范”(批准号 71850003);教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“‘十三五’时期中国宏观调控体系的改革与转型问题”(批准号 18JD790015);国家自然科学基金青年项目“‘债务—通缩’风险与货币政策财政政策协调的定量研究”(批准号 71603274)。

**[作者简介]** 林晨,中国人民大学应用经济学院副教授,经济学博士;陈小亮,中国社会科学院经济研究所副编审,经济学博士;陈伟泽,中国人民大学经济学院助理教授,经济学博士;陈彦斌,中国人民大学经济学院教授,管理学博士。通讯作者:陈小亮,电子邮箱:chenxiaoliang2200@126.com。感谢匿名评审专家和编辑部的建设性意见,当然文责自负。

使得居民消费开始改善,居民部门的消费率已经从2010年的35.56%升高到2018年的39.37%,提高了3.81个百分点。但是与此同时,中国的经济增速也已经在2010年的10.60%下降到2018年的6.60%,降幅达到了4个百分点之多。考虑到中国面临的就业、民生等问题,以及“两个一百年”等重要目标的实现仍然需要经济增速保持在一定水平,亟需找到既能提高居民部门消费率又能使得经济增速保持在一定水平的应对之策。

之所以通常认为扩大消费和经济增长难以同时实现,是因为一般假定经济体中的资本是同质的,并且全部都用于生产活动。在这一假定前提下,经济体面临的是积累资本与增加消费之间的抉择,当扩大消费时,用于资本积累的资源就会减少,经济增速自然随之下降。但是,当前中国的资本积累具有明显的异质性特点,基础设施建设(简称“基建”)资本和住房资本占比偏高,而实体经济资本占比偏低,本文称之为“资本结构失衡”。恰恰是“资本结构失衡”现象的存在,为中国同时实现扩大居民消费和促进经济增长的双重目标提供了可能性。一方面,基建资本和住房资本占比过高时会对居民消费产生挤出效应,降低二者所占比重有助于改善居民消费;另一方面,提高实体经济资本占比有助于增强经济的内生增长动力,从而使经济增速保持在一定水平。可见,只要找到优化资本结构的有效之策,降低基建资本和住房资本占比并提高实体经济资本占比,就可以实现改善居民消费和促进经济增长的双重目标。

不过,已有研究很少从优化资本结构的视角来探寻扩大中国居民部门消费的对策。通过梳理文献可知,已经有大量文献探寻中国居民消费不足的原因(陈斌开等,2014),并在此基础上提出了扩大居民消费的对策。相关对策包括:通过减税降费等方式增加居民收入,通过完善社会保障体系降低居民的预防性储蓄,通过构建房价调控长效机制减轻住房对居民消费的挤出,等等。如果这些政策顺利实施,的确会降低基建资本和住房资本的占比。比如,减税降费和完善社会保障体系都会导致政府部门用于基建投资的资金有所减少,从而降低基建资本占比。再如,房价调控长效机制的构建会改变房价持续上涨的预期,减少投资性和投机性住房需求,从而降低住房资本占比。但是,上述政策很难显著提升实体经济的投资收益率,当资金从基建和房地产领域撤出后,很可能会进入股市等其他领域,而非实体经济部门,因此,无法实现优化资本结构的目标。

人工智能的发展为中国优化资本结构从而实现扩大居民消费和促进经济增长的双重目标提供了新思路。人工智能的发展不仅会带来技术进步和生产智能化水平的提升,而且还会催生新经济和新产业。一方面,这有助于提高实体经济对经济增长的拉动能力,从而达到促进经济增长的目的;另一方面,这有助于降低经济增长对基建投资和住房投资的依赖,从而减轻二者对消费的挤出效应。可见,理论上,可以通过发展人工智能来优化中国的资本结构(即降低基建和房地产资本占比,提高实体经济资本占比),从而实现改善居民消费和促进经济增长的双重目标。

关于人工智能的研究日益丰富,涉及人工智能对经济增长、技术创新、就业和收入分配、产业结构与产业组织等方面的影响(陈彦斌等,2019)。不过,尚无文献研究人工智能是否真的能够优化资本结构,并同时实现改善消费和促进增长的双重目标。Aghion et al.(2017)和Acemoglu and Restrepo(2018)等已有文献研究的是人工智能所引发的资本对劳动的替代,而没有考虑人工智能对资本积累尤其是资本结构的影响。Prettner(2019)等少数文献尝试在模型中将资本刻画为传统资本和智能资本两类。然而,本文将传统资本进一步划分为实体经济资本、住房资本和基建资本,与Prettner(2019)等的研究思路存在本质差异。何玉长和方坤(2018)等研究提出,加快人工智能与实体经济的融合有助于带动经济转型,促进经济健康发展,不过他们主要是定性分析,没有进行定量测算。上述研究也都没有专门关注人工智能对居民消费的影响。

本文将构建含有人工智能和异质性资本的动态一般均衡模型,进而研究人工智能对中国资本结构、经济增长和居民消费的影响。与实证分析和统计分析相比,动态一般均衡模型更适用于本文的研究。①人工智能的发展尚处于起步阶段,相关数据较为匮乏,难以满足实证分析和统计分析对数据的要求,而动态一般均衡模型及数值模拟方法对数据的依赖程度相对较弱。②人工智能对资本结构的影响机制颇为复杂,既会影响实体经济和房地产对资金吸引力的相对强弱,也会影响政府的基建投资行为,而且实体经济投资和房地产投资之间还存在此消彼长的关系。如果使用实证分析和统计分析,将难以准确把握人工智能对资本结构的影响机制。相比之下,动态一般均衡模型在机制分析方面具有明显优势,因此,更适用于本文研究。

本文研究发现,人工智能的发展确实能够在扩大居民消费的同时,使得经济增速仍然保持在相对较高的水平。其核心在于,人工智能可以提高生产智能化程度和全要素生产率,从而增强实体经济的吸引力,提高实体经济资本占比,降低住房资本占比和基建资本占比,进而优化资本结构。具体而言,一方面,人工智能可以提高实体经济的吸引力,吸引资金从房地产领域流向实体经济,从而减轻住房资本对消费的挤出效应,并增强实体经济资本对经济增长的拉动效果;另一方面,人工智能可以减弱地方政府依靠基建投资“稳增长”的动机,从而减轻基建资本对消费的挤出效应,并进一步增强实体经济资本对经济增长的拉动效果。

本文的主要贡献在于:①在 Aghion et al.(2017)、陈彦斌等(2019)等已有文献所构建的模型基础上,将资本细分为实体经济资本、基建资本和住房资本三类,构建了含有人工智能和异质性资本的动态一般均衡模型,这有助于细致考察人工智能对不同类型资本的差异化影响,从而探寻人工智能影响资本结构的核心机制。与 Prettnner(2019)等研究相比,本文对资本的异质性刻画更加细致,更适用于研究人工智能对中国资本结构的影响。②提出了可以同时实现扩大居民消费和促进经济增长这两大目标的有效对策。虽然已经有大量文献研究中国居民部门消费不足的原因并提出了对策,但是已有研究主要聚焦于如何促进居民消费的提升,而忽视了相关政策建议对经济增长的影响。与之不同,本文基于所构建的动态一般均衡模型进行了丰富的数值模拟实验,发现人工智能可以优化中国的资本结构,从而实现扩大居民消费和促进经济增长的双重目标。

## 二、典型事实

### 1. 中国居民部门消费率和经济增长率的走势

改革开放以来,尤其 1991—2010 年间中国保持了持续的高增长,即便是在 1997 年亚洲金融危机和 2008 年国际金融危机期间,中国的经济增速也保持着较高水平。不过,这一时期中国持续的高增长很大程度上源自高投资的拉动,期间固定资产投资率总体上呈现出升高的趋势,尤其是 2000—2010 年间固定资产投资率大幅升高,而居民部门消费率则从 2000 年的 46.72% 下降到了 2010 年的 35.56%,降幅达 11.16 个百分点,而且这也是改革开放 40 余年来中国居民部门消费率的最低水平。

2011 年以来,中国居民部门消费率止跌回升,2011—2016 年间居民部门消费率实现“六连升”,虽然 2017 年略有下滑,不过 2018 年再度回升。截至 2018 年,居民部门消费率已经升高到 39.37%,比 2010 年提高了 3.81 个百分点。在中国居民部门消费率有所升高的同时,还要注意另外两个重要问题:①中国的经济增速持续下降,已经从 2010 年的 10.60% 下降至 2018 年的 6.60%,降幅达 4 个百分点,比居民部门消费率的降幅还要大。②不论与全世界平均水平相比,还是与高收入国家和中等收入国家的平均水平相比,中国居民部门的消费率都还明显偏低。可以预想,如果按照 2011 年以

来的发展模式,即用经济增速的下降来换取居民部门消费率的升高,将很难使得中国的居民部门消费率达到全世界平均水平或者中等收入国家的水平。更重要的是,中国还需要解决就业问题并实现“两个一百年”等重要目标,因此,难以承受经济增速的持续下降。

## 2. 中国资本结构失衡的主要表现

传统的增长理论中所关注的资本积累主要指的是生产性资本积累,尤其是以制造业为核心的实体经济资本积累。相应地,分析资本积累是否过度,主要指的是实体经济资本积累是否过度。与之不同,在关注中国的资本积累问题时,需要更多分析结构性问题的存在,尤其是基建资本和住房资本占比偏高的问题。本文将中国所面临的基建资本和住房资本占比偏高而实体经济资本占比偏低的问题定义为“资本结构失衡”。具体表现如下:

(1)中国的基建资本所占比重与其他国家相比明显偏高,在中西部地区该问题尤为突出。通过国际对比可以清晰地看到,中国基建资本存量占总资本存量的比重在全世界范围内处于明显偏高的水平。根据 EU KLEMS 数据库可知,美国、德国、法国等七个代表性发达经济体 2000—2015 年间基建资本占总资本存量的比重平均仅为 10%左右,其中法国仅为 6%左右。相比之下,中国 2000—2012 年间基建资本存量占总资本存量的比重达到了 24.66%(金戈,2016),既明显高于发达国家,也高于爱沙尼亚和匈牙利等发展中国家,仅略低于波兰。<sup>①</sup>进一步地,中国的西部地区基建资本存量占比过高的问题更为突出。自西部大开发以来,伴随着中央政府对西部地区的扶持,西部地区基础设施建设快速赶上。根据金戈(2016)的测算结果,截至 2012 年,西藏和贵州基础设施资本存量占比超过了 40%,内蒙古、云南、青海等西部地区的基础设施资本存量占比也超过了 30%,明显高于全国平均水平,跟其他国家相比更是偏高。此外,胡李鹏等(2016)研究发现,与东部和中部地区相比,西部地区基础设施投资明显处于过度的状态。

(2)中国不少地区已经出现住房供给过剩等现象,住房资本占比偏高的问题显现。房地产资本包括住房资本和厂房资本两类。从规模看,住房资本存量的占比明显高于厂房资本存量占比。根据国家统计局的数据可知,2000—2018 年间全国房地产投资完成额中 69%属于住宅投资。据此,不难推知,住宅资本存量占比明显高于厂房资本存量占比。更重要的是,厂房资本是生产性资本,可以引入生产函数,而住房资本是非生产性资本,对消费的挤出效应更明显,因此,本文重点关注的是住房资本。关于住房资本在全社会资本存量中所占的比重,由于不同国家的国土面积、人口数量以及土地所有制存在显著差异,因此,难以直接比较不同国家住房资本占比的相对高低。不过,近年来中国不少地区呈现出房地产供给过剩或出现房价泡沫化风险,这意味着住房资本占比已经偏高。西南财经大学中国家庭金融调查与研究中心发布的《2017 中国城镇住房空置分析》显示,全国城镇住房空置率不断升高,已经从 2011 年的 18.4%提高到 2017 年的 21.4%。而且,购房人群中的首套房家庭占比已经从 2008—2010 年的 70%左右显著下降到 2018 年的 20%以下,这意味着投资者和投机者占比不断升高,从侧面反映出中国住房资本占比已然偏高的事实。

(3)资金“脱实向虚”导致实体经济资本积累受限,高端产业的资本积累尤为不足。不管是从理论层面看,还是从国际经验层面看,实体经济是一国经济持续健康发展的根本所在。在房地产和基建行业吸附了大量资金而且实体部门创新能力相对偏弱的情况下,中国实体经济的发展受到了一定的限制,资金“脱实向虚”问题较为突出。一个非常显著的现象是,大量实体企业投资房地产。中国社会科学院发布的《中国城市竞争力第 17 次报告》指出,截至 2019 年一季度末,A 股 3600 多家上市公司中,共有 1726 家上市公司持有投资性房地产,占有上市公司的比重接近 50%,而且上市公

<sup>①</sup> 中国的数字引自金戈(2016),国外的数据引自 EU KLEMS 数据库(网址:<http://www.euklems.net/>)。



司所持有的房地产价值占总资产的比重也在不断升高。需要注意的是,在房地产和基建投资吸附大量资金的不利局面下,钢铁、水泥、玻璃等传统产业的过度发展和恶性竞争进一步挤占了稀缺的资金,导致实体经济在高端产业的资本积累尤为不足。一方面,国内生产领域和消费领域普遍存在高端产品(投入品)供给不足的情况;另一方面,中国所生产的高技术产品在国际上竞争力明显偏弱(胡昭玲和张咏华,2015),进一步体现出实体经济发展不足的现实。

### 三、基准模型构建与求解

本文所构建的含有人工智能和异质性资本的动态一般均衡模型,将资本细分为住房资本、基建资本和实体经济资本三类,这是本文与 Aghion et al.(2017)、陈彦斌等(2019)和 Prettnner(2019)等已有研究的最大不同之处。需要强调的是,理论上,伴随着人工智能的不断发展和推广使用,三类资本都会受到人工智能的影响,不过本文在基准模型中只刻画了人工智能对实体经济资本的影响。这主要基于两点考虑:①人工智能在不同产业的应用程度和应用前景并不相同(郭凯明,2019),通过 Acemoglu and Restrepo(2017a)的研究可知,人工智能在实体经济行业尤其是制造业的应用明显超过了在基建行业和住房建设行业中的应用,基建和住房建设行业的智能化水平在过去一二十年间变化相对较小;②虽然本文模型没有直接刻画人工智能对住房资本和基建资本的影响,但是事实上在本文所构建的一般均衡模型中人工智能会对住房资本和基建资本产生间接影响。①模型经济体主要包括企业部门、居民部门和政府部门。

#### 1. 企业部门和人工智能的刻画

在刻画企业部门生产活动之前,对本文模型重点关注的异质性资本的内涵和处理思路说明如下:①如前所述,房地产资本包括住房资本和厂房资本两大类,住房资本主要由居民部门持有,兼具消费品和投资品的属性,并且会对居民消费产生挤出效应。至于厂房资本,本文不再专门刻画,而是将其视为实体经济资本的一部分直接引入生产函数;②实体经济资本(含厂房,下同)源自居民部门,用于企业部门的生产活动;③基建资本由政府部门主导,其重要目的之一就是促进经济增长,而且道路、桥梁、机场等基础设施建设的确有助于生产活动顺利开展,因此,借鉴 Barro(1990)和金戈(2016)等的做法,将基建资本引入生产函数。

首先,考察没有人工智能时企业部门的生产活动。假设实体经济资本和劳动共同生产中间品  $X_t$ ,然后进入最终产品的生产函数,而基建资本则直接进入最终品的生产函数。最终产品生产部门使用 C-D 技术将中间品  $X_t$  和基建资本转化为最终产品  $Y_t$ (金戈,2016):

$$Y_t = [X_t (K_t, A_t L_t)]^\varepsilon R_t^{1-\varepsilon} \quad (1)$$

其中,  $A_t$  表示劳动增强型技术进步,之所以采用劳动增强型技术进步而非希克斯中性技术进步,是因为在本文模型的设定下前者能便捷地推导出平衡增长路径。②此外,  $K_t$  是实体经济资本,  $L_t$  是劳动投入;  $\varepsilon$  是中间品  $X_t$  的产出弹性,  $1-\varepsilon$  是基建资本  $R_t$  的产出弹性。基建投资决策由政府部门决定,具体见下文关于政府部门的刻画。

接下来在模型中引入人工智能,考察含有人工智能情形下企业部门的生产活动。已有研究主要

① 在模型均衡增长路径上,实体经济资本与基建资本的增长速度是相同的,住房资本的增长速度也与人工智能密切相关。具体证明过程详见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

② 通过合适的模型设定与变量变换,这两种刻画方式下的生产函数可以相互转换,证明过程详见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

采用两种思路刻画人工智能:①Aghion et al.(2017)、Acemoglu and Restrepo(2018)等通过生产任务的自动化和智能化刻画人工智能;②Prettner(2019)等则通过在生产函数中引入与传统资本不同的智能资本刻画人工智能。本文模型将资本分为住房资本、基建资本、实体经济资本三类,如果再引入新的资本刻画人工智能,那么将会使得模型中的资本类型过多。而且,这两种对资本的分类模式之间存在交叉,比如,实体经济投资中既包括传统资本,也包括智能资本,可见使用第二种思路不利于本文研究的开展。相比之下,通过第一种思路所述的生产任务智能化来刻画人工智能,则可以更好地实现对异质性资本的刻画和相应的机制分析。

参照 Aghion et al.(2017)、陈彦斌等(2019)的做法,假设中间品  $X_t$  由多种生产任务通过 CES 技术加总得到,用  $X_{mt}$  表示第  $t$  期  $m$  种生产任务,每一种生产任务要么使用实体经济资本,要么用劳动来完成。人工智能会影响资本对劳动的替代能力(生产任务的智能化程度),进而影响中间品  $X_t$  的生产。如果  $X_{mt}$  实现了智能化生产,那么就可以全部使用实体经济资本  $K_{mt}$  进行生产;如果  $X_{mt}$  没有实现智能化生产,那么将全部使用劳动进行生产,即:

$$X_t = \left( \int_0^1 X_{mt}^\rho dm \right)^{1/\rho}, \text{ 且 } X_{mt} = \begin{cases} K_{mt}, & \text{如果生产任务实现了智能化} \\ A_t L_{mt}, & \text{如果生产任务没有实现智能化} \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $1/(1-\rho)$  反映的是实体经济资本对劳动的替代弹性,并且满足  $\rho < 0$ 。如果直接将(2)式代入生产函数,会得到非线性的生产函数。为了简化表达,借鉴 Aghion et al.(2017)的做法,假设实现智能化的生产任务  $X_{mt}$  占全部生产任务的份额为  $\alpha_t$  (简称“智能化程度”)。而且,假设实体经济资本在所有实现智能化生产的生产任务之间均匀分配,劳动在所有未实现智能化的生产任务之间均匀分配,即每一种实现智能化生产的生产任务所需的资本投入为  $K_t/\alpha_t$ ,每一种未实现智能化的生产任务所需的有效劳动投入为  $A_t L_t/(1-\alpha_t)$ 。将其代入生产函数(1)式,可以得到:

$$\begin{aligned} Y_t &= \left[ \left[ \alpha_t (K_t/\alpha_t)^\rho + (1-\alpha_t) (A_t L_t/(1-\alpha_t))^\rho \right]^{1/\rho} \right]^\varepsilon R_t^{1-\varepsilon} \\ &= \left[ \left[ \alpha_t^{1-\rho} K_t^\rho + (1-\alpha_t)^{1-\rho} (A_t L_t)^\rho \right]^{1/\rho} \right]^\varepsilon R_t^{1-\varepsilon} \end{aligned} \quad (3)$$

(3)式所刻画的生产函数形式与 Miao and Wang(2014)非常相似,是 C-D 函数内部嵌套 CES 函数。其经济学含义也较为直观:首先,将实体经济资本和劳动通过 CES 技术生产出中间产品  $X_{mt}$ ;其次,将中间产品  $X_{mt}$  与基建资本  $R_t$  通过 C-D 生产技术得到最终产品  $Y_t$ 。

通过上述刻画可以清晰地看出,参数  $\alpha_t$  的大小能够反映人工智能的发展程度, $\alpha_t$  越大意味着越多的生产任务  $X_{mt}$  实现了智能化生产。此外,人工智能还会通过“机器学习”、激发配套技术创新等方式提高技术进步速度,  $g_t = A_{t+1}/A_t - 1$ 。上述两点是人工智能在生产函数中的主要体现。进一步地,借鉴陈彦斌等(2019)的思路,采用“先凸后凹”的 Logistic 函数刻画  $\alpha_t$  和  $g_t$  的表达式。究其原因,人工智能发展初期,其在全社会的普及速度相对较慢;伴随着人工智能的发展,其普及速度快速升高;当达到一定程度之后,人工智能的发展态势将趋缓,由此预期人工智能对生产活动的影响将呈现“先凸后凹”的趋势。不仅如此,生产智能化程度  $\alpha_t$  的取值一定大于 0 且小于 1,这要求所选择的函数存在上下限。考虑到 Logistic 函数同时满足“先凸后凹”和存在上下限这两个特点,可以用来刻画人工智能对  $\alpha_t$  和  $g_t$  的影响。<sup>①</sup>具体函数形式如下:

<sup>①</sup> Logistic 函数是学者们在研究新产品推广和扩散时常用的函数形式(Comin and Mestieri, 2014),人工智能相关的技术和产品也都属于“新产品”,这同样意味着可以使用 Logistic 函数刻画人工智能的影响。

$$\alpha_t = \alpha_0 + (\bar{\alpha} - \alpha_0) / [1 + e^{-\zeta(t-\gamma)}] \tag{4}$$

$$g_t = g_0 + (\bar{g} - g_0) / [1 + e^{-\eta(t-\mu)}] \tag{5}$$

其中,  $\alpha_0$  和  $g_0$  分别代表智能化程度和技术进步速度的初始值,  $\bar{\alpha}$  和  $\bar{g}$  分别代表二者的上限值,  $\zeta$  和  $\eta$  分别代表二者变化趋势的曲率;  $\gamma$  和  $\mu$  分别代表二者变化趋势由凸转凹的时间节点。(4)式和(5)式使得人工智能与传统的自动化产生了本质差异。一方面, (4)式所刻画智能化程度  $\alpha_t$  的“凸”段, 根源于人工智能的“机器学习”能力所带来的加速效应。相比之下, 传统的自动化往往体现为固定的  $\alpha$ 。另一方面, (5)式将人工智能对技术进步的带动作用进行了刻画, 而且人工智能的“机器学习”和创新带动效应使其同样会出现加速上升的趋势(“凸”段), 这也是自动化难以实现的。

此外, 本文并没有引入专门的研发部门来刻画人工智能对智能化程度和技术进步速度的影响, 而是使用(4)式和(5)式对人工智能的影响进行了“半内生化”的刻画。这主要基于两点考虑: ①含有人工智能的研发部门的生产函数究竟是何种形式目前并不清晰(Aghion et al., 2017); ②即便借鉴 Acemoglu and Restrepo(2018)的做法, 使用指数或者其他形式的生产函数刻画研发部门, 在参数校准时也会面临困难, 目前人工智能尚处于起步阶段, 无法获得足够的数据库来校准研发部门的参数。鉴于此, 本文采用陈彦斌等(2019)提出的更加可行的思路, 使用(4)式和(5)式对人工智能的影响进行“半内生化”刻画, 这样既可以将人工智能对智能化程度和技术进步速度的影响考虑在内, 又能确保参数校准的可行性。

## 2. 居民部门和住房资本的刻画

居民部门是企业的所有者, 同时也是住房的所有者。假设经济体中的居民部门由标准化为 1 的连续统个体组成, 所有个体都是同质的, 并且可以无限期存活。每个居民个体  $j$  的效用除了源自对普通消费品的消费, 还源自对住房的持有和消费。进一步假设效用函数为 CRRA 形式, 那么个体  $j$  在一生中的最优化问题可以表示为:

$$\max \sum_{t=0}^T \beta^t [c_{jt}^{1-\sigma_c} / (1-\sigma_c) + \varphi_t \cdot h_{jt}^{1-\sigma_h} / (1-\sigma_h)] \tag{6}$$

其中,  $\beta$  为时间贴现因子。  $c_{jt}$  和  $h_{jt}$  为个体  $j$  在第  $t$  期对普通消费品的消费量以及拥有的住房资本存量。考虑到住房兼具投资品和消费品属性, 参照陈彦斌等(2015)的做法, 将个体对普通消费品和住房的跨期替代弹性进行异质性刻画, 分别记为  $1/\sigma_c$  和  $1/\sigma_h$ , 而且假设住房所拥有的投资品属性使得  $\sigma_h > \sigma_c$ 。  $\varphi_t$  表示住房相对于普通消费品在居民效用函数中所占的权重。

已经有不少文献尝试刻画住房的消费品和投资品属性, 例如 Dong et al.(2019) 和孟宪春等(2018)。而且, 已有研究大多是在新凯恩斯框架下建模, 将金融摩擦下住房作为抵押品对企业部门融资约束的影响视为重要的传导机制。与之不同的是, 本文采用新古典增长框架, 因此金融摩擦不再是研究重点。为简化模型, 做出如下假设: ①居民个体既是住房的所有者, 又是住房的生产者。同时, 假设新增住房资本的生产函数为  $\Delta H_t = (i_t^h)^\phi \text{land}^{1-\phi}$ , 即新增住房资本由住房投资和土地共同生产,  $0 < \phi < 1$ 。而且, 假设土地供给量不变且标准化为 1, 那么新增住房资本的生产函数简化为  $\Delta H_t = (i_t^h)^\phi$ , 这与 Dong et al.(2019)的做法类似。②居民个体生产出住房后, 全部由自己居住。住房所具备的投资品和消费品属性意味着住房资本收益率  $e_t$  由两部分构成, 一部分消费品属性所决定的租金, 另一部分是投资品属性所决定的“溢价”。虽然本文模型中暂未刻画住房的买卖市场和房价形

成机制,但是仍然可以通过求解居民部门的效用最大化问题得到住房资本收益率  $e_t$  的表达式。基于上述假设,可以直接使用  $\varphi_t$  刻画住房的双重属性。一方面,住房兼具消费品属性和投资品属性,导致  $\varphi_t$  值“虚高”(变相刻画出了房价“泡沫”);另一方面,伴随着人工智能的发展,实体经济投资将比住房更有吸引力,从而弱化了住房的投资品属性,即  $\varphi_t$  将随着人工智能的发展而变小。基于模型经济体的平衡增长路径,可以得出  $\varphi_t$  的表达式:

$$\varphi_t = \varphi_0 A_t^{\phi\sigma_h - \sigma_c} \quad (7)$$

其中,  $\varphi_0$  表示  $\varphi_t$  的初始值。而且,当参数  $\phi$ 、 $\sigma_h$ 、 $\sigma_c$  的取值满足  $\phi\sigma_h - \sigma_c < 0$  时,随着人工智能的发展,住房偏好因子  $\varphi_t$  会越来越小。从效用函数的角度出发可以清晰地看到,住房给居民带来的效用满足程度将会减弱,由此促使居民减少对住房的投资和消费行为。

由于所有个体是同质的,将所有个体直接加总,即可得到相应的宏观变量。为了与个体区分,用大写字母标识加总的宏观变量。例如,居民部门的消费为  $C_t$ ,劳动总供给为  $N_t$ ,实体经济投资为  $I_t^K$ ,实体经济资本存量为  $K_t$ ,住房拥有量(住房资本存量)为  $H_t$ ,等等。

在上述假定下,可以进一步写出居民本预算约束以及实体经济资本和住房资本的变动方程:

$$P_t C_t + P_t I_t^K + Q_t^H H_{t+1} = (1-\tau)(W_t L_t + R_t^k K_t) + Q_t^H (1-\delta^h) H_t + \pi_t^h \quad (8)$$

$$K_{t+1} = (1-\delta^K) K_t + I_t^K \quad (9)$$

$$H_{t+1} = (1-\delta^H) H_t + (I_t^H)^\phi \quad (10)$$

其中,  $P_t$  为消费品和投资品的价格<sup>①</sup>,  $Q_t^H$  为住房价格,  $\pi_t^h$  为新生产并“出售”住房(在本文模型中是“出售”给自己)的利润,其中,通过最优住房资本的一阶条件可知,相对价格  $Q_t^H/P_t$  即为住房资本收益率  $e_t$ 。  $W_t$  为名义工资,  $R_t^k$  为实体经济资本的名义收益率,  $\tau$  为税率。(8)式代表预算约束,等号左边为居民部门的支出总额,依次为对普通消费品的消费、对实体经济的投资以及购买住房资本的支出(在本文模型中是从自己手中“购买”住房);等号右边为居民部门可支配收入总额,包括税后的工资收入、税后的实体经济投资回报、已有住房的销售收入和新增住房的销售收入。(9)式和(10)式分别代表实体经济资本和住房资本的变动方程,  $K_t$  和  $H_t$  分别为第  $t$  期的实体经济资本存量和住房资本存量,  $\delta^K$  和  $\delta^H$  分别为两类资本的折旧率。

为简化分析,将价格  $P_t$  标准化为 1,并且将工资和实体经济资本收益率全部都表示成实际价格形式,令  $w_t = W_t/P_t$ 、 $r_t = R_t^k/P_t$ ,模型中的其他价格变量也都做类似处理。经过进一步推导,可以将(8)式简写为如下形式:

$$C_t + I_t^K + I_t^H = (1-\tau)(w_t N_t + r_t K_t) \quad (11)$$

此外,本文模型没有考虑人口年龄结构变化(老龄化)带来的影响,假定人口总规模固定为  $L_t = \bar{L}$ 。这是因为,老龄化不仅会影响储蓄率进而影响投资率,而且会影响全社会对住房的需求(老年人相对年轻人而言对住房的需求会减弱)进而影响资本结构。如果将老龄化考虑在内,就很难识别出人工智能对投资率和资本结构的影响机制。为了简化分析,本文假设人口年龄结构和劳动力数量

① 由于本文构建的是长期增长模型,假设投资不存在调整成本,此时投资品的价格与消费品的价格相同。



保持不变,从而更清晰地考察人工智能对各类投资活动和整体资本结构的影响机制。

### 3. 政府部门与基建投资的刻画

Aghion et al.(2017)、Prettner(2019)等文献主要以美国等发达国家为研究对象,分析了人工智能对经济增长的影响,但都没有考虑政府的作用。与之不同,在研究中国的人工智能对经济增长和居民消费的影响时,不应忽视政府的作用。因为中国的政府部门所主导的基建投资活动对经济增长具有重要作用,尤其是面临经济下行压力时,政府部门往往会通过拉动基建投资来“稳增长”。如果不引入政府部门,将无法准确研究人工智能对中国资本结构、经济增长和居民消费的影响。为此,本文在模型中引入政府部门。

现实中,政府部门兼具增长型政府职能和服务型政府职能,前者的核心是以基建投资拉动经济增长,后者则包括与教育、医疗、社会保障等领域相关的诸多方面。为了方便模型求解,本文对政府部门的行爲做简化处理,重点考察政府部门通过基建投资拉动增长的职能,而暂不刻画其服务职能。假设政府部门的预算约束为:

$$I_t^R = \tau(w_t N_t + r_t^K K_t^K) + r_t^R R_t \quad (12)$$

其中,(12)式的右边是政府部门的所有收入,包括对居民部门的工资和实体经济投资收益征的税收  $\tau(w_t N_t + r_t^K K_t^K)$  以及政府部门所拥有的基建资本存量的投资收益  $r_t^R R_t$ 。政府部门的所有收入全部用于当期的基建投资  $I_t^R$ 。

关于税率  $\tau$ ,需要做两点深入说明:①模型经济体中的税率  $\tau$  要低于中国现实经济中的宏观税负。因为模型经济体中的税负只需要覆盖与基建投资相关的政府支出,而现实经济中的税负还需要涵盖教育、医疗、社会保障等领域的政府支出。②为了体现政府部门依靠基建稳增长的内在机制,对税率  $\tau$  做内生刻画。各级政府部门依靠基建“稳增长”的主要目的是实现中央制定的“两个一百年”等重要目标,当经济增速低于实现中央目标所需要的经济增速时,各级政府部门就会加大基建投资力度“稳增长”。当然,如果经济体自身所具备的增长能力即可完成目标,那么政府部门则无须加大基建投资力度。鉴此,将用于基建投资的税率  $\tau$  做如下内生化处理:

$$\tau = \begin{cases} \tau(g^*, \Xi), & \text{如果 } g_0 < g^* \\ \tau_0, & \text{如果 } g_0 \geq g^* \end{cases} \quad (13)$$

其中,函数  $\tau(g^*, \Xi)$  代表当模型的外生结构参数  $\Xi$  给定时均衡状态下目标年份(或者未来某一段时间)的经济增速与税率之间的一一对应关系。令  $\tau$  取基准模型中的数值  $\tau_0$ ,则未来某一目标年份(或者未来某一段时间)的经济增速为  $g_0$ ,即  $g_0 = \tau^{-1}(\tau_0, \Xi)$ 。若  $g_0 \geq g^*$ ,则  $\tau$  的取值将维持在  $\tau_0$ 。若  $g_0 < g^*$ ,则根据目标增速反推从而内生得到  $\tau(g^*, \Xi)$ ,而且此时会有  $\tau(g^*, \Xi) > \tau_0$ ,使得经济增速在政府部门基建投资的拉动下达到目标值。

此外,假设人工智能不会直接影响基建资本积累,将基建资本的变动方程表示为:

$$R_{t+1} = (1 - \delta^R) R_t + I_t^R \quad (14)$$

其中,  $\delta^R$  表示基建资本的折旧率,与住房和实体经济资本的折旧率各不相同。理论上,伴随着人工智能的发展,实体经济投资的回报率会升高,从而对经济增长产生更强的拉动力。这将减轻政府部门通过基建投资促进经济增长的动机,基建投资占总投资的比重、基建资本存量占总资本存量的比重将因此下降,从而优化中国的资本结构,并且由此实现降低投资率、提高消费率的目标。数值模拟部分将会对这一机制加以验证。

#### 4. 模型均衡系统

当模型经济体达到均衡时,劳动力市场出清,即居民部门的劳动供给总量等于生产部门的劳动需求总量,因此满足  $N_t=L_t=\bar{L}$ ;最终产品市场出清,即最终产品全部用于消费、实体经济投资、住房投资和基建投资,因此满足  $Y_t=C_t+I_t^K+I_t^H+I_t^R$ 。模型均衡状态下,居民部门实现了效用最大化、企业部门实现了利润最大化。

通过求解企业部门和居民部门最优化问题的一阶条件,再加上各类资本的变动方程等既有方程,可以得到模型的均衡系统  $\{C_t, K_t, H_t, R_t, r_t, e_t, b_t, w_t, Y_t, I_t^K, I_t^H, I_t^R\}$  (还包括  $L_t=\bar{L}$ ):

$$C_t^{\sigma_c}/C_{t-1}^{\sigma_c}=\beta(r_t+1-\delta^K) \quad (15)$$

$$C_t^{\sigma_c}/C_{t-1}^{\sigma_c}=\beta(e_t+1-\delta^H) \quad (16)$$

$$e_t=(\varphi_t C_t^{\sigma_c})/H_t^{\sigma_h} \quad (17)$$

$$r_t=\alpha_t^{1-\rho} \varepsilon \left\{ \left[ \alpha_t^{1-\rho} K_t^\rho + (1-\alpha_t)^{1-\rho} (A_t \bar{L})^\rho \right] \right\}^{\varepsilon/\rho-1} K_t^{\rho-1} R_t^{1-\varepsilon} \quad (18)$$

$$b_t=(1-\varepsilon) \left\{ \left[ \alpha_t^{1-\rho} K_t^\rho + (1-\alpha_t)^{1-\rho} (A_t \bar{L})^\rho \right] \right\}^{\varepsilon/\rho} R_t^{-\varepsilon} \quad (19)$$

$$w_t=(1-\alpha_t)^{1-\rho} \varepsilon \left\{ \left[ \alpha_t^{1-\rho} K_t^\rho + (1-\alpha_t)^{1-\rho} (A_t \bar{L})^\rho \right] \right\}^{\varepsilon/\rho-1} A_t^\rho R_t^{1-\varepsilon} \quad (20)$$

$$C_t+I_t^K+I_t^H=(1-\tau)\varepsilon Y_t \quad (21)$$

$$K_{t+1}=(1-\delta^K)K_t+I_t^K \quad (22)$$

$$H_{t+1}=(1-\delta^H)H_t+(I_t^H)^\phi \quad (23)$$

$$R_{t+1}=(1-\delta^R)R_t+I_t^R \quad (24)$$

$$I_t^R=(\tau\varepsilon+1-\varepsilon)Y_t \quad (25)$$

$$Y_t=\left\{ \left[ \alpha_t^{1-\rho} K_t^\rho + (1-\alpha_t)^{1-\rho} (A_t \bar{L})^\rho \right] \right\}^{1/\rho} R_t^{1-\varepsilon} \quad (26)$$

其中,(15)式—(17)式来源于代表性消费者的效用最大化问题,(18)式和(19)式源于企业的利润最大化问题。(20)式右边是基建投资的边际产品,在竞争性均衡中等于基建资本的均衡收益率  $b_t$ 。(21)式通过最终产品市场出清条件得出,(22)式—(24)式是三种资本存量的运动方程,(25)式表示基建投资的决定方程,(26)式表示生产函数。

#### 5. 平衡增长路径

本文模型在本质上属于新古典增长模型,当  $\alpha_t$  收敛于  $\bar{\alpha}$  且  $A_t$  的增长速度收敛于  $g_A$  时,模型的各项变量会以固定的速度增长。可以证明,当满足平衡增长路径的均衡条件时,<sup>①</sup>模型将存在一条平衡增长路径。需要强调两点:<sup>①</sup>在平衡增长路径上,  $g_A=g_Y=g_C=g_R=g_\mu=g_R=g_K=g_R$  并且  $(1+g_H)=(1+g_\mu)^\phi$ 。<sup>②</sup>由此可以证实本文模型部分开篇所提及的重要论断,即虽然本文只刻画了人工智能对实体经济资本的影响,但是由于人工智能在一般均衡模型中会间接影响基建资本和住房资本的积累,因此,在

① 平衡增长路径所需要的条件详见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

② 证明过程详见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

均衡增长路径上,三类资本的积累速度都与人工智能所决定的技术进步增速  $g_A$  密切相关。②根据均衡增长路径的条件可以推知  $1+g_\varphi=(1+g_A)^{\phi\sigma_h-\sigma_l}$ ,进而内生得到  $\varphi_t$  的表达式: $\varphi_t=\varphi_0 A_t^{\phi\sigma_h-\sigma_l}$ ,即(7)式。由此从模型内生得到了人工智能对住房偏好因子  $\varphi_t$  的影响。这一参数对本文而言至关重要,因为人工智能影响实体经济资本与住房资本相对比重的关键就在于人工智能会改变住房偏好因子。

均衡增长路径的存在性确保本文可以基于所构建的模型做进一步探讨。通过求解均衡系统(15)式—(26)式,即可得到模型的解。由于生产函数为C-D函数内嵌CES函数的复杂非线性函数,难以求得模型的解析解。因此,主要通过数值模拟实验探寻人工智能对资本结构和居民消费的影响机理和影响的具体大小,并在此基础上回答本文关注的核心问题。

#### 四、参数校准和模型的适用性

由于人工智能的发展尚处于起步阶段,目前还难以全面把握未来人工智能对各类资本和居民消费的影响轨迹。Purdy and Daugherty(2017)和Purdy et al.(2017)尝试估计人工智能对中国等多个国家经济增长的影响,为本文打下了良好基础。借鉴陈彦斌等(2019)的做法,本文重点模拟2020—2035年人工智能对中国的资本结构和居民消费的影响。之所以选择2035年作为终止点,是因为Purdy and Daugherty(2017)和Purdy et al.(2017)的预测结果到2035年,本文需要将他们的预测结果作为校准依据。此外,为了提高模型的适用性,本文基准模型初始期的参数校准将以2017年和2018年的相关经济指标作为矩条件。

##### 1. 模型外参数校准

需要模型外校准的参数包括 $\{\beta, \delta^K, \delta^H, \delta^R, \varepsilon, \rho, \alpha_0, g_0\}$ 。关于主观贴现因子 $\beta$ ,与陈彦斌等(2015)保持一致,令 $\beta=0.97$ 。关于三类资本的折旧率,不同文献的取值存在一定差异,考虑到金戈(2016)和田友春(2016)同时关注了多类资本的折旧率,与本文更为相近,因此综合考虑他们的取值,令 $\delta^K=12\%$ 、 $\delta^H=5\%$ 、 $\delta^R=9\%$ 。关于产出弹性系数 $\varepsilon$ ,参照金戈(2016),令基建资本的产出弹性 $1-\varepsilon=0.12$ ,由此反推 $\varepsilon=0.88$ 。关于参数 $\rho$ 的取值,需要通过资本与劳动的替代弹性 $1/(1-\rho)$ 加以确定,借鉴陈彦斌等(2019)的取值,令 $\rho=-0.015$ 。关于初始期的智能化程度 $\alpha_0$ ,同样借鉴陈彦斌等(2019)的做法,通过资本密集度 $\alpha_0^{1-\rho}$ 间接校准得到 $\alpha_0=0.51$ 。关于初始期劳动增强型技术进步率 $g_0$ ,参照封永刚等(2017)的测算结果,令 $g_0=0.04$ 。

##### 2. 模型内参数校准

数值模拟实验的关键是校准与人工智能相关的(4)式和(5)式中的参数 $\{\bar{\alpha}, \bar{g}, \zeta, \eta, \gamma, \mu\}$ 。这些参数涉及Logistic函数的曲率和拐点等信息,需要借助人工智能的演进轨迹予以校准。借鉴陈彦斌等(2019)的做法,通过人工智能对劳动生产率的影响幅度,再结合(4)式和(5)式反推相关参数值。具体而言,人工智能可以提升资本对劳动的替代能力和技术进步速度,进而提高劳动生产率( $Y_t/L_t$ );考虑到Purdy and Daugherty(2017)和Purdy et al.(2017)预测到2035年人工智能给中国等10余个国家劳动生产率所带来的影响,根据2035年人工智能对劳动生产率的影响,就可以反推出人工智能的演进轨迹和相关参数的取值。

为了确保研究结论谨慎合理,本文对人工智能的发展轨迹做情景分析。陈彦斌等(2019)基于Purdy and Daugherty(2017)和Purdy et al.(2017)的预测结果,设定了三种情景,假设到2035年人

工智能分别使得中国的劳动生产率额外提高 10%、20%、30%。<sup>①</sup>与陈彦斌等(2019)不同的是,本文没有考虑老龄化问题,模型经济体中的劳动力数量固定不变,因此劳动生产率增幅会偏小。谨慎起见,分别假定到 2035 年人工智能使得中国的劳动生产率额外提高 10%、15%、20%。而且,假设在每一种人工智能发展情景下,劳动生产率的涨幅中都有 10% 归因于人工智能带来的全要素生产率的提升,90% 归因于人工智能带来的智能化和自动化水平的提高,这与 Purdy and Daugherty(2017)和 Purdy et al.(2017)的测算结果是一致的,与陈彦斌等(2019)的数值模拟思路也是一致的。此外,何青等(2015)认为投资品属性使得中国的住房偏好高于美国等国家,而且中国住房偏好因子为美国的 2 倍甚至更高。人工智能的发展则会使得中国的住房偏好  $\varphi_t$  下降至各国平均水平,为此本文将情景 1 (劳动生产率提高 10%) 中到 2035 年住房偏好程度  $\varphi_{2035}$  降低至基准情形的 1/2 作为推断  $\varphi_0$  的矩条件。具体地,本文考虑情景 1 中到 2035 年住房偏好程度相对于基准情形下降约 50%、情景 2 下降约 60%、情景 3 下降约 70% 来设定参数,由此得到各种情形下与  $\alpha_t$ 、 $g_t$  和  $\varphi_t$  相关的参数,见表 1。

除此之外,还需要校准  $\{\phi, \sigma_c, \sigma_h, \varphi_0, \tau\}$ , 这里主要借助初始期经济增长率、住房资本占总资本存量的比重、基建资本占总资本存量的比重、居民部门消费率等重要矩条件来校准上述参数。究其原因:①实体经济资本、住房资本和基建资本三者之间的构成是本文关注的重点,为此,在参数校准过程中尽可能让模型经济体中三类资本的构成与现实经济相匹配;②在本文的模型刻画下,住房投资的弹性系数  $\phi$ 、居民个体的跨期替代弹性  $1/\sigma_c$  和  $1/\sigma_h$ 、基期的住房偏好  $\varphi_0$ 、基建投资相对应的税率  $\tau$  都在一定程度上影响着经济增长率、资本构成和居民部门的消费率。基于上述思路,校准得到  $\phi=0.5$ 、 $\sigma_c=1.1$ 、 $\sigma_h=1.15$ 、 $\varphi_0=0.5$ 、 $\tau=0.05$ 。

表 1 人工智能情景设定和参数校准结果

情景设定	与 $\alpha_t$ 和 $g_t$ 相关的参数		与 $\varphi_t$ 相关的参数
情景 1(AI10): 到 2035 年,人工智能使得中国的劳动生产率额外提高 10%	$\bar{\alpha}=0.78$ $\bar{g}=0.08$ $\zeta=0.04$ $\eta=0.10$	$\gamma=91$ $\mu=55$	$\varphi_{2035}=0.27$
情景 2(AI15): 到 2035 年,人工智能使得中国的劳动生产率额外提高 15%		$\gamma=83$ $\mu=51$	$\varphi_{2035}=0.21$
情景 3(AI20): 到 2035 年,人工智能使得中国的劳动生产率额外提高 20%		$\gamma=76$ $\mu=48$	$\varphi_{2035}=0.15$

### 3. 模型的适用性分析

基于上述参数得到的模型经济体的经济增速、居民部门消费率和资本构成等重要矩条件能够较好地拟合现实数据。①模型经济体中 2017 年和 2018 年的平均经济增速为 7.04%, 与现实数据 6.70% 较为契合;②模型经济体中 2017 年和 2018 年的居民部门消费率平均为 36.8%, 与现实数据 39.19% 较为接近;③关于本文重点关注的资本结构,模型经济体初始期的实体经济资本、住房资本和基建资本的占比分别为 51.52%、23.22% 和 25.27%, 与实际值 57.82%、18.40% 和 23.78% 较为一致。<sup>②</sup>

① 所谓额外增长,指的是考虑人工智能情形下 2035 年的劳动生产率比不考虑人工智能情形下 2035 年的劳动生产率提高的幅度。

② 关于资本结构数据,根据田友春(2016)计算可得,为 2000—2014 年的平均数。不过,本文模型中的房地产资本主要指的是住房资本,因此,需要将其中的厂房资本扣除,并将厂房资本视为实体经济资本。



## 五、数值模拟与机制分析

本文最关心的是,人工智能究竟能否优化中国的资本结构,进而在提高居民部门消费率的同时仍然使得经济增速保持在一定水平。为此,本文将开展四组数值模拟实验(见表2)。第一组为不考虑人工智能影响的参照组。在第二组实验中,考虑不同程度的人工智能的影响(包括三种情景)。因此,通过对比第一组与第二组实验,可以检验人工智能是否能够通过改变住房投资吸引力而优化资本结构,最终实验改善居民消费和促进经济增长的双重目标。设置第三组实验的目的是为了验证住房偏好  $\varphi$  对资本结构的重要性,进而检验优化资本结构的关键是降低住房偏好度这一重要结论。而第四组实验则是为了与第一组实验进行对比,进而分析人工智能是否可以减弱政府部门基建投资的激励,最终实现改善居民消费和促进经济增长的双重目标。

表2 数值模拟实验的设定

实验组别	具体情景设定	标识
第一组	不考虑人工智能的影响	Base
第二组	情景1:人工智能使2035年的劳动生产率额外提高10%	AI10
	情景2:人工智能使2035年的劳动生产率额外提高15%	AI15
	情景3:人工智能使2035年的劳动生产率额外提高20%	AI20
第三组	AI使2035年的劳动生产率额外提高20%, $\varphi$ 不受人工智能的影响	AI20_ $\varphi$
第四组	不考虑人工智能的影响,提高税率 $\tau$ 从而实现“稳增长”目标	Base_ $\tau$

### 1. 人工智能可以实现改善居民消费与促进经济增长的双重目标

图1展示的是不同情景下居民部门消费率和经济增长率的走势。从图1(a)可以看出,即便不考虑人工智能(Base情形),居民部门的消费率也会不断升高。不过,经济增速将会从2020年的6.33%下降到2035年的4.59%。而且,现实中经济增速的降幅还会更大。这是因为:①本文没有考虑老龄化对经济增长的影响,陈彦斌等(2019)研究发现,老龄化将是中国经济增速不断放缓的重要影响因素之一。②国内外其他不利因素会进一步降低经济增速,比如企业部门高债务负担对投资的阻碍,再比如外部环境不确定性同样不利于经济增长。然而,中国要想实现两个“一百年”目标以及解决就业、社会保障等问题,都需要经济保持一定增速(盛来运和郑鑫,2017)。

为此,需要寻找既能提高居民部门消费率又能保持一定经济增速的对策,人工智能的发展则提供了良好契机。从图1可以得到两点重要结论:①人工智能的发展既能提高居民部门消费率,又能促进经济增长。在AI10、AI15和AI20三种人工智能发展情景下,到2035年居民部门的消费率将分别比Base情形高出1.20、2.96和3.96个百分点。而且,三种情景下的经济增速与Base情形相比不降反升,到2035年分别比Base情形高出0.55、0.80和1.14个百分点。②如果发展人工智能的同时还能够减弱政府的基建投资行为,那么将会进一步提高居民部门的消费率。具体参见下文对第四组实验结果的分析。

### 2. 人工智能促进经济增长、改善居民消费的核心机制:优化资本结构

正如引言部分所述,之所以通常认为一个国家在资本过度积累状态下难以同时实现扩大居民

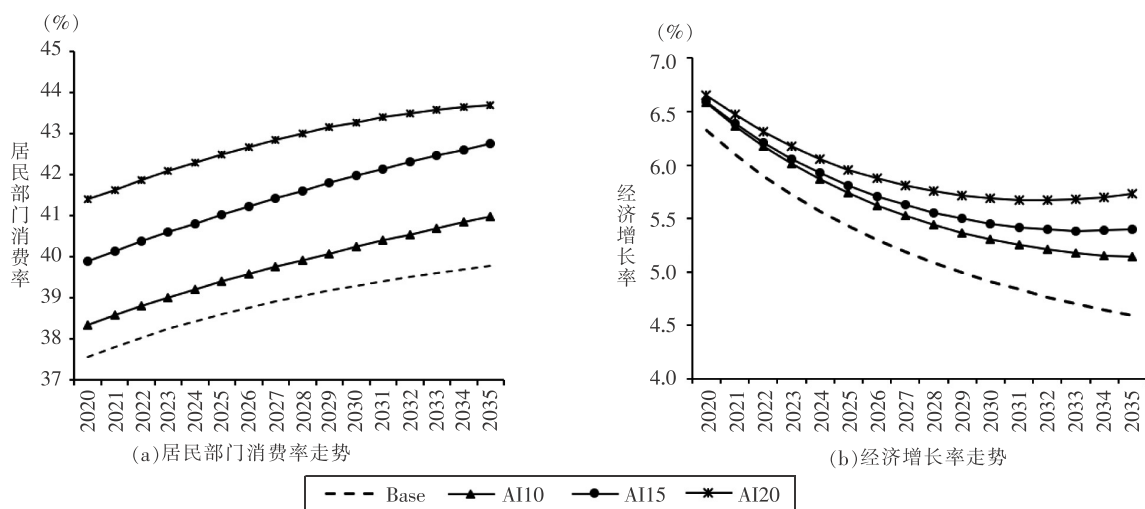


图1 人工智能对居民部门消费率 and 经济增长率的影响

消费和促进经济增长两大目标,是因为已有研究假定经济体中的资本是同质的,并且全都用于生产活动。在此假定下,当扩大消费时,用于资本积累的资源随之减少,经济增速也就不可避免地出现下降。但是,当前中国存在典型的“资本结构失衡”现象,从而为中国实现扩大居民消费和促进经济增长的双重目标提供了契机。理论上,降低住房资本占比和基建资本占比不仅能够减轻二者对实体经济资本的挤出效应,增强实体经济资本对经济增长的拉动作用,而且能够减轻二者对居民消费的挤出效应,从而改善居民消费。数值模拟结果证实了上述推断,即人工智能可以实现改善居民消费与促进经济增长的双重目标,其核心在于人工智能可以优化资本结构。

(1)人工智能可以提高实体经济的吸引力,吸引资金从房地产领域流向实体经济,从而减轻住房资本对居民消费的挤出效应,并增强实体经济资本对经济增长的拉动效果。在本文模型经济体中,人工智能主要通过以下两条机制提高实体经济对资金的吸引力:①人工智能可以提高实体经济生产过程的智能化程度。在本文模型中,智能化程度的提高直接体现为 $\alpha_t$ 的升高。数值模拟结果见表3。结果显示,基准情形下 $\alpha_t$ 维持在0.51,而AI10、AI15和AI20三种情景下 $\alpha_t$ 不断提高,到2035年将分别升至0.526、0.531和0.537(表3左半部分)。如果将老龄化考虑在内,这一机制的作用效果将更加显著。因为老龄化将导致劳动力数量不断减少,使得企业对智能化生产的需求更大<sup>①</sup>。②人工智能不仅可以通过“机器学习”实现技术进步,而且还会催生配套的技术创新,从而不断提高技术进步速度,这与郭凯明(2019)所述的人工智能通过技术外溢性促进内生经济增长存在相似性。当然,如参数校准部分所述,本文对人工智能的情景设定较为保守,仅仅将人工智能促进劳动生产率提高的10%归功于人工智能对TFP的促进作用,在这样的设定下,到2035年AI10、AI15和AI20三种情景下的技术进步速度将分别仅比Base情形高出2.51%、3.71%和4.96%(根据表3右半部分数据计算得到)。伴随着人工智能配套创新技术的不断问世和人工智能使用范围的不断推广,其对技术创新的促进作用预计将会显著超过这一幅度。

上述两条机制能够显著提升实体经济的吸引力,实体经济资本收益率的提升就是最直接的佐证。数值模拟结果显示,在基准情形(Base情形)下,实体经济的投资收益率将会逐渐下降,从2020

① 事实上,Acemoglu and Restrepo(2017b)已经通过实证研究发现,老龄化越严重的国家越倾向于更早、更多地使用人工智能系统和设备从事生产活动。

表3 人工智能对智能化程度  $\alpha_t$  和技术水平  $A_t$  的影响

年份	(1)智能化程度 $\alpha_t$				(2)技术水平 $A_t$			
	Base	AI10	AI15	AI20	Base	AI10	AI15	AI20
2020	0.5100	0.5187	0.5219	0.5255	1.2167	1.2184	1.2192	1.2201
2025	0.5100	0.5206	0.5244	0.5287	1.4802	1.4872	1.4905	1.4940
2030	0.5100	0.5228	0.5273	0.5325	1.8009	1.8217	1.8316	1.8421
2035	0.5100	0.5255	0.5309	0.5369	2.1911	2.2462	2.2725	2.2997

注:表中数据为不同情景下智能化程度  $\alpha_t$  和技术水平  $A_t$ 。为节省篇幅,只列出部分代表性年份的数据。

年的 11.15% 降至 2035 年的 8.56%。这主要是由资本边际报酬递减规律所致,而且如果考虑到老龄化等因素的冲击,资本边际报酬递减的走势会更显著,导致实体经济的投资收益率将会下降更显著。不过,人工智能的发展将会显著提高实体经济投资的收益率,三种人工智能情景下,到 2035 年实体经济投资的收益率将分别比 Base 情形高出 0.80、1.05 和 1.17 个百分点。需要注意的是,从模拟结果可以看出,住房投资的收益率与实体经济投资的收益率相等。一方面,这是因为本文模型中不存在金融摩擦,当模型经济体达到均衡时,从(15)式和(16)式可以得到,实体经济资本的净收益率( $r_t - \delta^K$ )等于住房资本的净收益率( $e_t - \delta^H$ );另一方面,在人工智能的驱动下,当资金从住房部门流向实体经济之后,实体经济的投资收益率仍然高于 Base 情形,这恰恰反映出人工智能的确提高了实体经济的投资收益率,而住房投资收益率则因为该部门资本流出而被动升高。

实体经济投资收益率的升高有助于改变资金“脱实向虚”的局面,让更多的资金从房地产部门回流到实体经济,从而优化资本结构,最终实现消费改善和经济增长的双重目标。表 4 显示,在 AI10、AI15 和 AI20 这三种不同情景下,人工智能都会提高实体经济资本存量与住房资本存量的比值。而且,人工智能发展程度越高,实体经济资本与住房资本的比值越大,越有助于实现资本结构的优化。伴随着住房资本占比的降低,其对居民消费的挤出效应将会减弱。图 1(a)已经给出了较为直观的结果,在 AI10、AI15 和 AI20 三种不同情景下,居民部门消费率都要高于 Base 情形,而且人工智能发展程度越高,会吸引越多的资金从房地产回流到实体经济,居民部门的消费率也会越高。不仅如此,实体经济资本占比的不断升高及其背后所蕴含的生产智能化和技术进步速度的提升,使得经济内生增长动力不断增强,经济增长的目标随之实现,见图 1(b)。

表4 人工智能对实体经济资本存量与住房资本存量比值  $K/H$  的影响

年份	Base	AI10	AI15	AI20	AI20_φ
2020	2.2679	2.5394	2.8263	3.2458	2.4504
2025	2.4052	2.7248	3.0763	3.6521	2.6329
2030	2.5847	2.9695	3.4260	4.2700	2.8807
2035	2.8010	3.2855	3.9274	5.2203	3.2067

需要补充说明两点:①由于在这几种情形下一直假定政府投资倾向没有发生变化(用于基建投资的资金占 GDP 的比重保持不变),而现实情况可能并非如此,因此,表 4 没有直接计算实体经济资本和住房资本占总资本的比重的变化趋势,而是用实体经济资本存量与住房资本存量的比值的

变化趋势来反映人工智能所带来的资本结构的变化。②之所以人工智能可以将资金从住房部门吸引到实体经济部门,主要是因为它改变了居民对住房的偏好度 $\varphi$ ,从而降低了住房给居民带来的效用程度。对居民而言,住房的投资品属性弱化,导致其在效用函数中与普通消费品相比,不再像以前那样重要,因此,居民自然会减少对住房的生产和消费,转而将更多资金用于实体经济投资和普通消费品的消费。反过来,如果人工智能只是改变模型中的生产智能化程度和技术进步率而不改变住房偏好度 $\varphi$ ,那么将难以带来资本结构的优化。如表4所示,如果住房偏好度 $\varphi$ 和基准情形保持一致,即便是在人工智能发展最快的情景(AI20\_ $\varphi$ 情形)下,实体经济资本与住房资本存量的比值与没有人工智能情形(Base情形)相比也不会发生显著变化,与AI20情形相比更是明显偏低。由此也再次证明,虽然本文模型没有在住房资本变动方程中刻画人工智能对住房资本的直接影响,但是这并不会对研究结论产生实质影响。

(2)人工智能可以减弱地方政府依靠基建投资“稳增长”的动机,从而减轻基建资本对消费的挤出效应,并进一步增强实体经济资本对经济增长的拉动效果。之所以中国的基建资本占总资本存量的比重明显高于其他国家,是因为政府部门尤其是地方政府具有较强的动机通过拉动基建投资“稳增长”。究其根源,在以GDP为重要考核目标的官员考核体系下,地方政府具有拉动经济增长的强烈动机。不仅如此,在社会保障体系尚不健全的情况下,地方政府要想较好地解决就业和民生等相关问题,同样需要把“蛋糕”不断做大。正因为如此,一旦实体经济增长乏力,地方政府往往使用基建投资“稳增长”,这虽然可以在短期内促进经济增长,但是长期而言会挤占实体经济的资金,导致经济内生增长动力不足,而且还会对居民消费产生挤出效应。

展望未来,第二个“一百年”目标是各级政府部门需要着力实现的重要目标。然而,2012年以来中国持续面临经济下行压力,潜在增速不断下降,要想顺利实现第二个“一百年”目标并非易事。根据盛来运和郑鑫(2017)的测算,要想实现第二个“一百年”目标,需要2021—2030年间的平均经济增速保持在5.55%以上,2031—2040年间的平均经济增速保持在4.38%以上,2041—2049年间的平均经济增速保持在3.27%以上。①以此为参照,本文设定2021—2030年以及2031—2035年的目标增速分别为5.55%和5%,从而更好地与本文模拟的时间段相匹配。模拟结果显示,基准情形下,2021—2030年平均增速为5.42%,2031—2035年平均增速为4.71%,均低于实现第二个“一百年”目标所需的目标增速。而且,现实中经济增速低于目标增速的幅度更大,因为本文没有考虑老龄化的影响,而根据陈彦斌等(2019)的测算结果,老龄化将会导致2021—2030年间的平均经济增速下降0.4个百分点,导致2031—2035年的平均经济增速下降0.66个百分点之多。

鉴此,如果不考虑人工智能对经济增长的积极作用,那么政府部门就需要加大基建投资的力度“稳增长”,当然其背后是以提高税率作为支撑,从而为基建投资融资。第四组数值模拟实验显示,当税率从第一组实验(Base)的5%提高到第四组实验(Base\_ $\tau$ )的20%时,才能基本实现第二个“一百年”目标所需的目标增速。具体而言,图2(b)显示,该情形下2021—2030年的平均增速为5.85%,稍高于目标增速,2031—2035年平均增速为4.92%,稍低于目标增速,总体上基本可以实现第二个“一百年”目标所需的目标增速。然而,基建投资力度的加大却导致资本结构进一步恶化,居民消费进一步下滑,见图2(a)。Base\_ $\tau$ 情形下,2020—2035年间实体经济资本存量占比平均为46.12%,比基准情形低5.94个百分点,②居民部门消费率平均仅为28.32%,比基准情形低10.55个百分点。可以看出,基建投资带来的经济增速提高的幅度远远小于居民部门消费率下滑的幅度,这是因为在基建投

① 盛来运和郑鑫(2017)设置了高方案、中方案和低方案三种方案,本文引用的是中方案的测算结果。

② 资本结构的详细模拟结果见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejjournal.org>)附件。



资占比本就偏高的情况下，继续加大基建投资力度将会导致基建资本的边际产出和收益率继续快速下降。

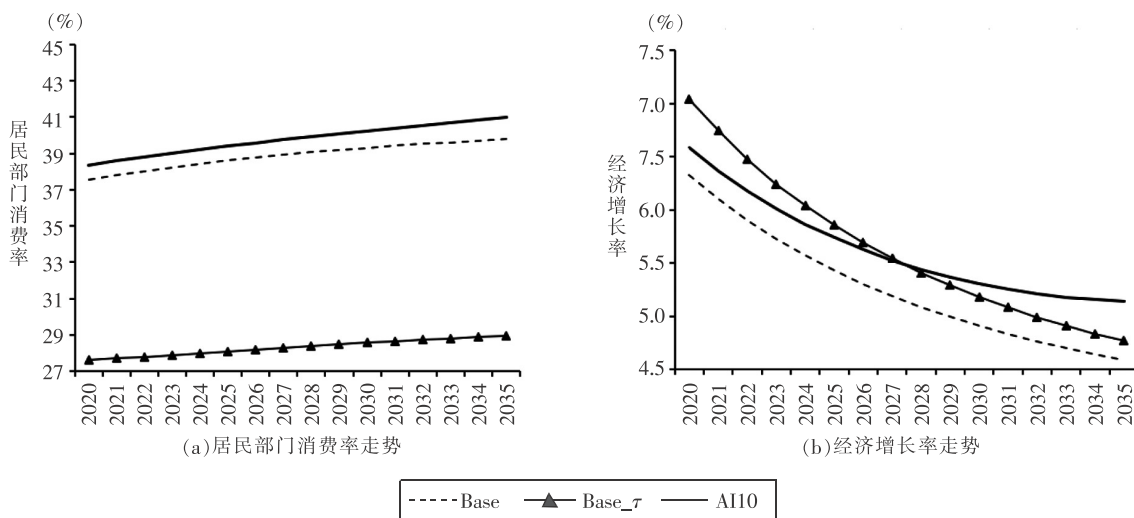


图2 基建投资和人工智能对居民部门消费率和经济增长率的影响对比

与依靠基建投资“稳增长”相比,发展人工智能将会是更好的选择。如上文所述,人工智能会提高生产的智能化程度,并提高技术进步速度和全要素生产率水平,从而增强实体经济的吸引力。不仅如此,实体经济吸引力的提升会减轻住房的投资品属性,让资金不断从房地产流向实体经济,从而进一步提高经济增长动力。这使得人工智能在提高经济增速的同时,并不会恶化资本结构和居民消费,相反会优化资本结构,提高居民部门消费率。如图2(b)所示,将AI10%情形和Base\_τ相比较可以发现,两种情形下2020—2035年的平均增速分别为5.62%和5.63%,几乎达到了相同的“稳增长”效果,但是居民消费等其他方面的影响则截然不同。通过发展人工智能,AI10%情形下居民部门的消费率有所提高,而依靠基建投资的Base\_τ情形下居民部门的消费率则显著下降,见图2(a)。本文据此认为,可以通过加快发展人工智能,为经济增长注入内生活力,从而减轻地方政府依靠基建投资“稳增长”的动机,这有助于优化资本结构,进而实现促进经济增长和改善居民消费的双重目标。

## 六、结语

本文构建含有人工智能和异质性资本的动态一般均衡模型,并依据中国经济特征进行参数校准,以探寻人工智能是否有助于优化中国的资本结构,从而实现改善居民消费和促进经济增长的双重目标。研究发现,人工智能的确可以优化资本结构,提高实体经济资本占比,降低住房资本占比和基建资本占比,进而实现改善居民消费和促进经济增长的双重目标。具体而言,一方面,人工智能可以通过提高生产智能化程度和技术进步速度来增强实体经济的吸引力,吸引资金从房地产领域流向实体经济,从而减轻住房资本对消费的挤出效应,并增强实体经济资本对经济增长的拉动效果;另一方面,人工智能可以增强经济内生增长动力,从而减弱地方政府依靠基建投资“稳增长”的动机,由此减轻基建资本对消费的挤出效应,并进一步增强实体经济资本对经济增长的拉动效果。如果发展人工智能的同时降低政府的基建投资规模,那么将会进一步提高居民部门的消费率,而且经济增速仍然可以保持在适度水平。据此,本文建议政府部门着力促进人工智能快速健康发展,从而

优化资本结构,最终实现扩大消费和经济增长的双重目标。

需要补充说明的是,虽然人工智能可以提高全社会的整体消费水平,但是也会导致部分人群失业(Acemoglu and Restrepo, 2017a; 孙早和侯玉琳, 2019),对失业人群而言短期内其消费无疑是受损的。而且,造成中国居民消费不足的原因是多方面的,除了本文所分析的原因,还包括土地政策、金融政策等政策层面的原因(陈斌开等, 2014; 陈彦斌等, 2014)。因此,要想有效地利用人工智能提高全社会的消费水平和福利水平,政府部门不仅需要促进人工智能的快速健康发展,还需要做好两方面配套工作:①进一步健全社会保障网络体系,从而对失业人群的消费需求提供基本保障;②进一步深化土地政策、金融政策相关的改革,扫清以往阻碍居民消费的制度障碍。

本文研究尚存在一些有待完善之处,未来研究可以考虑在如下几方面加以完善和拓展:①中国企业部门的债务负担偏重,而且在不同类型的企业之间存在明显差别,未来可以将企业部门的异质性债务负担考虑在内,从而更准确地刻画企业投资以及人工智能所带来的影响;②中国已经发展到工业化后期,工业内部将更多地转向技术密集型行业,这些行业的发展主要依靠创新环境和创新人才,基建投资促进经济增长的能力将会逐渐下降,未来可以考虑将基建资本的产出弹性设定为时变参数,从而更细致地判断政府投资活动对经济增长的影响以及人工智能带来的影响;③人工智能的健康发展很大程度上依赖于基础研发领域的有力支撑,而这需要政府部门加大相关领域的研发投入,未来可以考虑进一步细致刻画政府部门的投资行为,并且专门引入含有人工智能的研发部门,从而将人工智能所带来的技术发展进行“内生性”处理。

#### [参考文献]

- [1]陈斌开,陈琳,谭安邦. 理解消费不足:基于文献的评述[J]. 世界经济, 2014, (7):3-22.
- [2]陈彦斌, 陈小亮, 陈伟泽. 利率管制与总需求结构失衡[J]. 经济研究, 2014, (2):18-31.
- [3]陈彦斌,郭豫媚,陈伟泽. 2008年金融危机后中国货币数量论失效研究[J]. 经济研究, 2015, (4):21-35.
- [4]陈彦斌,林晨,陈小亮. 人工智能、老龄化与经济增长[J]. 经济研究, 2019, (7):47-63.
- [5]封永刚,蒋雨彤,彭珏. 中国经济增长动力分解:有偏技术进步与要素投入增长[J]. 数量经济技术经济研究, 2017, (9):39-56.
- [6]郭凯明. 人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J]. 管理世界, 2019, (7):60-77.
- [7]何青,钱宗鑫,郭俊杰. 房地产驱动了中国经济周期吗[J]. 经济研究, 2015, (5):41-53.
- [8]何玉长,方坤. 人工智能与实体经济融合的理论阐释[J]. 学术月刊, 2018, (5):56-67.
- [9]胡李鹏,樊纲,徐建国. 中国基础设施存量的再测算[J]. 经济研究, 2016, (8):172-186.
- [10]胡昭玲,张咏华. 中国制造业国际分工地位研究——基于增加值贸易的视角[J]. 南开学报(哲学社会科学版), 2015, (3):149-160.
- [11]金戈. 中国基础设施与非基础设施资本存量及其产出弹性估算[J]. 经济研究, 2016, (5):41-56.
- [12]孟宪春,张屹山,李天宇. 有效调控房地产市场的最优宏观审慎政策与经济“脱虚向实”[J]. 中国工业经济, 2018, (6):81-97.
- [13]盛来运,郑鑫. 实现第二个“一百年”目标需要多高增速[J]. 管理世界, 2017, (10):1-7.
- [14]孙早,侯玉琳. 工业智能化如何重塑劳动力就业结构[J]. 中国工业经济, 2019, (5):61-79.
- [15]田友春. 中国分行业资本存量估算:1990—2014年[J]. 数量经济技术经济研究, 2016, (6):3-21.
- [16]Acemoglu, D., and P. Restrepo. Robots and Jobs: Evidence from U.S. Labor Markets [R]. NBER Working Paper, 2017a.
- [17]Acemoglu, D., and P. Restrepo. Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation[R]. NBER Working Paper, 2017b.
- [18]Acemoglu, D., and P. Restrepo. The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth,

- Factor Shares, and Employment[J]. *American Economic Review*, 2018, 108(6): 1488–1542.
- [19]Aghion, P., B. F. Jones, and C. I. Jones. Artificial Intelligence and Economic Growth [R]. NBER Working Paper, 2017.
- [20]Barro, R. J. Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth [J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5):103–125.
- [21]Comin, D., and M. Mestieri. Technology Diffusion: Measurement, Causes, and Consequences [A]. Aghion, P., and S. N. Durlauf. *Handbook of Economic Growth*[C]. Oxford:Elsevier, 2014.
- [22]Dong, F., Y. M. Guo, Y. C. Peng, and Z. W. Xu. Economic Slowdown and Housing Dynamics in China: A Tale of Two Investments by Firms[R]. SSRN Working Paper, 2019.
- [23]Miao, J. J., and P. F. Wang. Sectoral Bubbles, Misallocation, and Endogenous Growth [J]. *Journal of Mathematical Economics*, 2014,(53):153–163.
- [24]Prettner, K. A Note on the Implications of Automation for Economic Growth and the Labor Share [J]. *Macroeconomic Dynamics*, 2019,(23):1294–1301.
- [25]Purdy, M., and P. Daugherty. How AI Boosts Industry Profits and Innovation [R]. Accenture Research Paper, 2017.
- [26]Purdy, M., S. Qiu, and F. Chen. How Artificial Intelligence Can Drive China’s Growth [R]. Accenture Research Paper, 2017.

## Artificial Intelligence, Economic Growth and Household Consumption Improvement: A Capital Structure Perspective

LIN Chen<sup>1</sup>, CHEN Xiao-liang<sup>2</sup>, CHEN Wei-ze<sup>3</sup>, CHEN Yan-bin<sup>3</sup>

- (1. School of Applied Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China;  
2. Institute of Economics CASS, Beijing 100836, China;  
3. School of Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

**Abstract:** Since the Reform and Opening-up, the Chinese economy has experienced high economic growth, high investment and low household consumption. In recent years, however, the GDP growth rate gradually declines while consumption ratio moderately increases. To study whether artificial intelligence(AI) can boom up consumption and economic growth via an improvement of capital structure, this paper builds up an economic growth model with AI and heterogeneous capital (real economy capital, housing capital and infrastructure capital). The model and simulation experiments reveal that AI can improve the capital structure, so as to raise consumption ratio and economic growth at the same time. On the one hand, AI can increase the attractiveness of the real economy, attract funds to flow from the real estate sector to the real economy, thereby reducing the crowding-out effect of housing capital on consumption, and enhancing the pulling effect of real economic capital on economic growth. On the other hand, AI can reduce the incentive for local governments to rely on infrastructure investment to stabilize growth, thereby reducing the crowding-out effect of infrastructure capital on consumption, and further enhancing the pulling effect of real economic capital on economic growth. Accordingly, the rapid and healthy development of AI can improve household consumption and stimulate economic growth jointly.

**Key Words:** artificial intelligence; economic growth; housing consumption; capital structure reallocation; dynamic general equilibrium model

**JEL Classification:** E17 E21 E22

〔责任编辑:覃毅〕